

第 I 部門 バルブプレートを補剛リブとする鋼床版の疲労耐久性に関する研究

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○的場栄孝, 服部雅史 フェロー 松井繁之
 京都国道事務所 正会員 伊藤正一
 (財) 海洋架橋・橋梁調査会 正会員 古市亨

1.はじめに

我国を含め全世界的に既設鋼床版の疲労損傷が多数報告されている。これらの疲労損傷は、不適切な構造ディテール、溶接欠陥、溶接形状の不良等に起因した溶接部近傍の応力集中が原因であるといわれている。近年における車両の大型化や自動車交通量の増大を考慮すると、今後、さらに鋼床版の疲労損傷は増加すると予想される。一方、多数の社会基盤施設が老朽化しており、多額の更新費や維持管理費が必要とされている。また、公共財源の縮小や制約といった経済・社会情勢であり、財源は緊迫した状況である。

これらを踏まえると、鋼床版を早急に補修・補強することで延命化を図り、更新の集中を避けるとともに更新費を軽減する必要性がある。鋼床版を合理的に維持管理していかなければならないといえる。しかしながら、現状では鋼床版の疲労特性および耐久性は明らかとなっていない。合理的な維持管理手法を確立するため、輪荷重走行試験機を用いた疲労試験を行い、鋼床版の破壊性状ならびにき裂進展メカニズムを明らかにし、鋼床版の疲労耐久性について検討した。

2.実験概要

輪荷重走行試験を用いて疲労試験を行った。既設鋼床版(2 体)、新規製作鋼床版(2 体)、計 4 体の試験体を用いた。既設鋼床版は供用停止した橋梁より切り出された鋼床版(以下 O タイプ)であり、約 27 年間分の累積疲労損傷を受けている。新規製作鋼床版とは工場で新規に製作され、既設鋼床版と同寸法、同溶接形状をもつ鋼床版(以下 N タイプ)である。試験体寸法を図 1 に示す。本試験体の縦リブと横リブの交差部は突合わせて隅肉溶接されており、交差部にはスカラップが設けられていない。

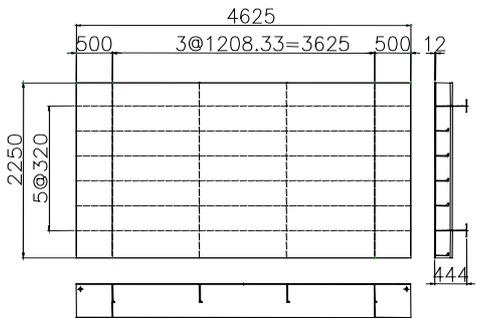
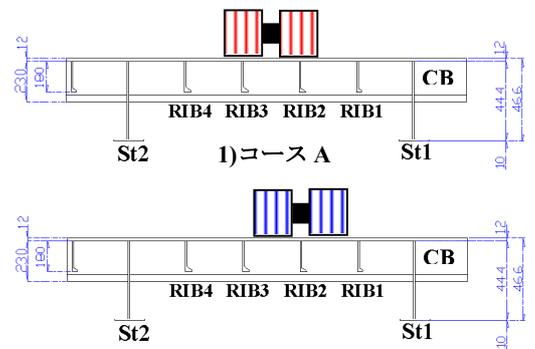


図 1 試験体寸法

図 2 に示すように、ダブルタイヤが床版中央の 2 本の縦リブ上に載る走行コース A, 中央の 1 本の縦リブを跨ぐ走行コース B とし、床版のタイプ名の後に A, B を付けて試験体を分類している。載荷荷重は、基本荷重を 147kN とし、試験体の状態により 206kN に増加させている。電場技法と呼ばれる FSM(Field Signature Method)をにより、疲労き裂の発生をモニタリングした¹⁾



2)コース B

図 2 走行位置

3.試験結果

図 3 に疲労き裂の発生箇所および各部材名称を示す。Crack1 (RIB2・CB3 交点), Crack2 (RIB3・CB3 交点), Crack3(RIB3・CB2 交点)は、縦リブと横リブの交点から発生したき裂であり、Crack4(RIB2・Deck 交点)は、縦リブとデッキプレートの隅肉溶接部止端から発生したき裂である。

3.1 破壊状況およびき裂進展経緯

1)コース A

O-A の場合、き裂は Crack1 から発生し、デッキプレートと縦リブの溶接部へと伝播した。その後、縦リブと横リブの交差部は破断に至った(図 5)。しかし、N-A の場合、き裂は Crack1, Crack2 からほぼ同時に発生し、さらに Crack3 からき裂が発生した。複数の縦リブと横リブの交点の溶接部から疲労き裂が発生した。その後、Crack1 のき裂のみがデッキプレートに向かって伝播した。

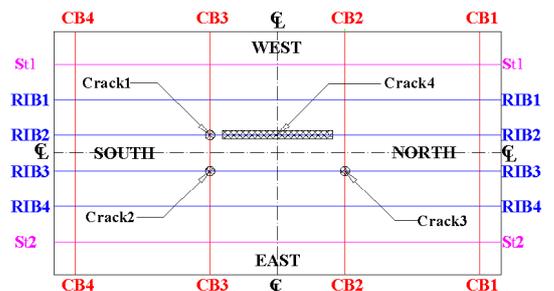


図 3 き裂発生位置

2)コース B

O-B, N-B ともに Crack4 よりき裂が発生した(図 6)。き裂は橋軸方向に溶接ビードに沿って伝播した。また、幾つかの箇所において、疲労き裂は板厚方向へも伝播し、き裂はデッキプレート上面へ貫通した。Crack1~Crack3 は発生していない。

3.2 き裂周辺部の応力挙動(98kN 換算値 新規鋼床版)

Crack1 周辺における縦リブ下フランジ下面の橋軸方向応力の変動を図 6 に、Crack4 周辺におけるデッキプレート下面における橋軸直角方向応力の変動を図 7 に示す。図 6 より、縦リブの下フランジ下面の応力範囲は、輪荷重が走行することで正負の交番応力が発生するため 50MPa となり、Crack 1 周辺部において最も大きな応力変動であった。この応力変動が Crack1 のき裂発生に大きな影響を及ぼすと予想される。

図 7 をみると、走行位置の違いによって応力変動が大きく異なっており、引張応力は全く作用せず局部的に大きな圧縮応力が作用しているのがわかる。溶接部近傍にはデッキプレートの局部的な板曲げによる高い応力集中が生じており、この応力集中により Crack4 のき裂が発生したと推定される。

3.3 既設鋼床版の残存寿命

両走行コースの荷重プログラムおよびき裂発生回数を図 8、図 9 に各々示す。O-A および N-A に発生した疲労き裂を各々 35 万往復、51 万往復時に FSM によって検知した。また、O-B および N-B に発生した疲労き裂を各々 15 万往復、19 万往復時に FSM によって検知した。新規と既設のき裂発生までの差が、28 年間の供用期間に既設鋼床版の受けた累積損傷であり、これを 28 年で割ることで、1 年間に受けた損傷が求まる。さらに、輪荷重走行試験結果から得られた既設鋼床版の疲労寿命を、この 1 年間に受けた損傷で割ることで残存寿命が求まる。表 1 に各試験体の計算結果を示す。なお、疲労寿命および累積損傷は全て 98kN 等価換算繰返し往復走行回数で表している。結果、残存寿命は、O-A 27 年、N-A 55 年、O-B 28 年と N-B 56 年と推定される。しかし、この結果は、走行位置を固定した状態で求めた簡易的な残存寿命推定値であり、車両の通行位置や、車両特性を考慮すると、さらに増大すると思われる。今後、詳細を検討したい。

表 1 計算結果

	既設鋼床版の疲労寿命	新規鋼床版の疲労寿命	28年間の累積損傷	1年間の累積損傷
コースA	1304197	2664175	1359978	48571
コースB	689286	1369274	679989	24285

既設鋼床版の残存寿命(年)	新規鋼床版の残存寿命(年)
27	55
28	56

4 まとめ

- ・バルブプレートを補剛リブとする鋼床版のき裂発生位置およびその進展経緯を明らかとした。
- ・簡易的であるが既設鋼床版の残存寿命および新規鋼床版の寿命を明らかとした。

参考文献

- 1) 奥 健太郎, 金 裕哲, 有田 圭介, 堀川 浩甫 : FSM による疲労亀裂進展のモニタリング, 平成16 年度全国大会, I-010.
- 2) 土木学会鋼構造シリーズ4:鋼床版の疲労, 1990.



図 4 O-A き裂進展経緯

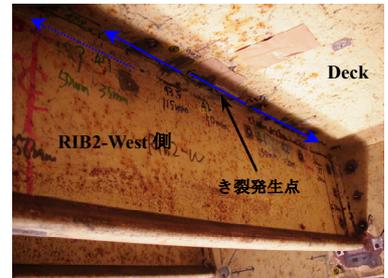


図 5 O-B き裂進展経緯

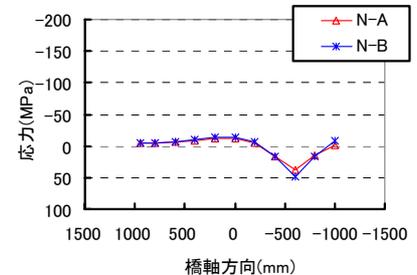


図 6 縦リブ下フランジ近傍応力変動

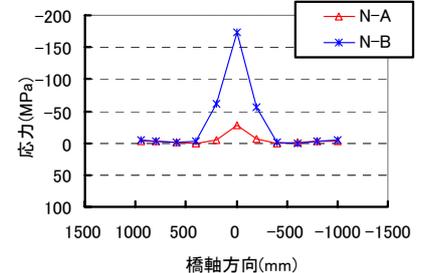


図 7 デッキプレート下面応力変動

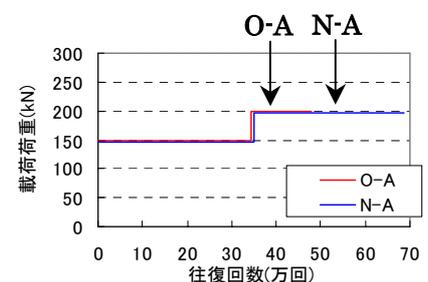


図 8 荷重プログラム(コースA)

